ACRP | ACNS
CCRP | CCSN

INFO-0355(F)

92-05385/

CC-1

Débits de dose de rayonnements *de minimis* recommandés au Canada

par le

Comité consultatif
de la radioprotection

et le

Comité consultatif
de la sûreté nucléaire

Approuvé par la CCEA pour
publication en fevriér 1988

Révisé en avril 1990

Publié en novembre 1990

DÉBITS DE DOSE DE RAYONNEMENT *DE MINIMIS* RECOMMANDÉS AU CANADA

RÉSUMÉ

La dose et de débit de dose *de minimis* dont il est question dans le présent rapport représentent un risque qu'on estime généralement négligeable pour la personne ou, dans le case d'une population, négligeable pour la société. Les doses correspondantes sont déterminées d'après les connaissances scientifiques courantes, et les débits de dose recommandés sont les suivants :

- un débit de dose individual *de minimis* de 10 μSv a^{-1}, d'après un risque qu'on estime généralement négligeable en comparaison des autres risques et,

- un débit de dose collectif *de minimis* de 1 personne-Sv a^{-1}, d'après une augmentation imperceptible au-dessus de la fréquence normale des cas de cancer et d'effets génétiques dans la population exposée.

La notion de *de minimis* doit être distinguée de la notion d'exemption de la réglementation (sans intérêt réglementaire). Dans cette dernière, il est tenu compte de facteurs socio-économiques qui englobent, entre autres, les facteurs purement de risque considérés dans la notion de dose *de minimis*. Autrement dit, la notion de *de minimis* n'est qu'un des facteurs servant à déterminer si une source ou une pratique produisant une dose inférieure ou supérieure au niveau *de minimis* est exemptable.

Bien que les débits de dose *de minimis* susmentionnés doivent entrer en ligne de compte dans l'établissement des critères et des lignes directrices servant à déterminer les quantités et les concentrations de substances radioactives exemptables, le présent document n'a pour but que de définir des débits de dose *de minimis*, et non d'exempter des sources ou des pratiques.

DÉBITS DE DOSE DE RAYONNEMENT *DE MINIMIS* RECOMMANDÉS AU CANADA

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ	i
TABLE OF CONTENTS	ii
PRÉFACE	iii
1. PORTÉE	1
2. INTRODUCTION	1
2.1 Risque d'effets biologiques dus aux rayonnements	2
2.2 Principes de radioprotection	2
2.3 Fond de rayonnement des sources naturelles et artificielles	3
2.4 Fréquence normale de cas de cancer et de tares génétiques	5
3. AUTRES INITIATIVES AU SUJET DES DOSES *DE MINIMIS*	5
3.1 Agence internationale de l'énergie atomique	6
3.2 National Council on Radiation Protection and Measurements (É-U)	7
3.3 National Radiological Protection Board (Royaume-Uni)	7
3.4 Nuclear Regulatory Commission (É-U)	8
4. DOSE *DE MINIMIS* À LA CCEA	8
5. IMPORTANCE DE LA DOSE COLLECTIVE	8
6. IMPORTANCE DU DÉBIT DE DOSE	10
7. VALEURS DE DÉBITS DE DOSE *DE MINIMIS* RECOMMANDÉES	10
7.1 Critères	10
7.2 Débit de dose individuelle *de minimis*	11
7.3 Débit de dose collective *de minimis*	12
7.4 Sommaire des débits de dose *de minimis* et des risques connexes pour la santé	14
8. APPLICATION DES DÉBITS DE DOSE *DE MINIMIS*	14
8.1 Période de calcul des débits de doses futurs	14
8.2 Réglementation des débits de dose supérieurs au niveau *de minimis*	15
9. RECOMMANDATIONS	16

TABLEAUX

1. Estimations du risque possible sur une vie de cancers fatals et d'affets génétiques graves induits par rayonnement (10^{-2} Sv^{-2})	17
2. Limites de dose réglementaires	18
3. Sommaire des doses de rayonnement de source naturelles	20
4. Doses externes de rayonnement dues au fond naturel au Canada	22
5. Concentrations de produits de filiation du radon et des doses correspondantes dans les foyers au Canada	23
6. Taux de cas de cancer fatal au Canada	24
7. Exemples de risque de 1 par million	25
FIGURE 1 Relation entre le débit de dose *de minimis* et les coefficients de risque	26
GLOSSAIRE	27
RÉFÉRENCES	32
REMERCIEMENTS	36

PRÉFACE

Le Comité consultatif de la radioprotection (CCRP) et le Comité consultatif de la sûreté nucléaire (CCSN) de la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) ont examiné la documentation scientifique des «doses négligeables» et des «seuils réglementaires», ainsi que le concept *de minimis* à partir des prémisses. Dans le présent rapport, ils recommandent à la CCEA d'adopter des débits de dose *de minimis* individuelle et collective comme critères pour exempter certaines sources de rayonnements de la réglementation. Le rapport fait état des considérations qui ont mené aux recommandations finales.

La publication du présent rapport a été approuvée par la CCÉA en février 1988; le rapport a été révisé en avril 1990 à la lumière de l'information la plus récente.

DÉBITS DE DOSE DE RAYONNEMENT *DE MINIMIS* RECOMMANDÉS AU CANADA

1. PORTÉE

Le présent rapport traite principalement de l'établissement de débits de dose *de minimis*, tant individuelle que collective. Pour que ces débits de dose soient applicables à l'exemption de la réglementation de sources et de pratiques, d'autres facteurs comme la justification de la pratique et la probabilité d'exposition à des sources multiples doivent être pesés. Par ailleurs, ces débits de dose doivent aussi être traduits en quantités et concentrations équivalentes de substances radioactives précises, en tenant compte des voies d'acheminement et des facteurs biologiques qui déterminent les doses que les personnes et les populations reçoivent. Le rapport ne discute pas de la conversion de débits de dose *de minimis* en quantités et concentrations exemptées.

2. INTRODUCTION

L'un des principaux objectifs de la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) en administrant la *Loi sur le contrôle de l'énergie atomique* et son règlement d'application [CC85a,88] est d'assurer que le risque des activités réglementées est suffisamment faible. Ni la Loi elle-même ni le règlement ne le mentionnent expressément, mais l'objectif est implicite dans les conditions des permis dans l'intérêt de la santé, de la sécurité et de la sécurité matérielle. Dans plusieurs cas, cependant, les débits de dose* réels ou possibles et les risques qui en découlent pour la santé sont si faibles que toute tentative pour en maîtriser la source représenterait une dépense indue de ressources sociétales par rapport à l'avantage négligeable pour la protection de la santé. Ces débits de dose infimes peuvent être qualifiés de «*de minimis*», empruntée à la sentence latine «*De minimis non curat lex*» qui veut dire : «La loi ne se préoccupe pas des petites choses.»

Le risque à la santé associé à un débit de dose *de minimis* est généralement réputé négligeable en comparaison des autres risques qui menacent les personnes. Certes, le Règlement prévoit certaines exemptions précises de sources de rayonnements et l'on trouve diverses exemptions implicites ou explicites dans les processus de réglementation, mais il n'existe aucune base uniforme apparente. Même si l'on reconnaît que certaines exemptions continueront de se baser sur des considérations pratiques (comme les niveaux minimaux de doses internes et externes à enregistrer, par exemple), il est souhaitable d'établir rationnellement les niveaux *de minimis* des débits de dose individuelle et collective afin d'aider la prise de décision en matière d'exemption des sources et des pratiques.

---

* Dans le présent rapport, «doses» désigne l'«équivalent de dose effectif» («EDE»), à moins d'avis contraire, et comprend la dose engagée due aux substances radioactives dans le corps. La définition des termes, la plupart guillemetés la première fois qu'ils sont utilisés dans le texte, se trouve dans le glossaire.

2.1 Risque d'effets biologiques dus aux rayonnements

Les effets nuisibles de fortes doses de rayonnements sont bien documentés. Des doses de quelques sieverts* peut être fatale en moins de quelques heures ou quelques semaines. Des doses de l'ordre de 100 mSv* ou moins ne provoquent pas d'effets immédiats, mais il semble y exister un léger risque que les personnes exposées souffrent éventuellement du cancer, d'après les statistiques de cas excessifs de cancer observés chez les grandes populations qui ont reçu de grandes doses à débits de dose élevés. Selon les recherches qui ont été effectuées sur des mammifères, il est possible que l'irradiation des «gonades» entraîne des tares héréditaires, en plus du cancer, chez les humains [UN77,82,86].

Le risque d'effets nuisibles retardés dus à des doses infimes est plutôt incertain. Tout dommage dû à des doses se situant à l'intérieur de la variation annuelle normale de doses provenant du fond naturel de rayonnement serait si infréquent qu'il serait impossible de le distinguer des cas normaux de cancer et de tares génétiques par année. Bien que tous ne s'entendent pas complètement sur la relation dose-effet exacte, on suppose pour les besoins de la radioprotection que l'effet est linéairement proportionnel à la dose jusqu'à une dose nulle. On peut donc supposer que toute augmentation de dose accroît d'autant la probabilité de tout effet, même dans le cas des doses infimes. Il se pourrait donc, tout particulièrement dans le cas de rayonnement de faible transfert linéique d'énergie, que les calculs de risque soient plus prudents pour les doses faibles que pour les doses élevées.

Les risques de cancer fatal et de tare génétique grave établis par le BEIR, la CIPR et l'UNSCEAR sont indiqués au tableau 1. Ils ont été établis à partir de données pour des doses et débits de dose élevés et pourraient devoir être réduits d'un certain facteur pour des doses à faibles débits de dose. L'UNSCEAR [UN88] a proposé des facteurs de réduction de doses se situant entre 2 et 10, et le BEIR des facteurs de réduction de 3 ou 4 pour tous les cancers, à l'exception de la leucémie pour laquelle son rapport contient déjà un facteur de réduction implicite de 2 [BE90]. Le plus récent rapport de la CIPR [CI90] fait état d'un facteur d'efficacité de dose et de débit de dose de 2. Dans le présent rapport, nous avons donc choisi une gamme de facteurs de risque (de 1×10^{-2} à 10×10^{-2} par personne-Sv) pour nos calculs subséquents, gamme qui tient compte des cancers fatals et des effets génétiques et qui comprend une marge pour facteurs de réduction de dose et de débit de dose.

2.2 Principes de radioprotection

La CIPR recommande les trois principes fondamentaux suivants de radioprotection [CI77a], qui sont largement acceptés :

(i) aucune pratique ne doit être adoptée à moins que son introduction ne produise un bénéfice net positif;

---

* L'unité de base de la dose est le sievert (Sv); ses sous-muliples, le millisievert (mSv) et le microsievert (μSv) sont aussi utilisés dans le présent rapport.

(ii) toutes les expositions doivent être maintenues au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux (principe ALARA);

(iii) la dose aux personnes ne doit pas dépasser les limites prévues.

Ces principes peuvent aussi être appelées justification des pratiques, optimisation de la radioprotection et limitation des doses individuelles. Le Comité consultatif de la sûreté nucléaire (CCSN) a incorporé le fond des principes dans les objectifs de sûreté des activités nucléaires [SN81] qui ont été approuvés ensuite par la CCEA.

Par conséquent, toute pratique qui n'entraîne que des doses de rayonnement *de minimis* n'est pas nécessairement justifiée. Elle pourrait être considérée comme injustifiée pour des raisons étrangères aux rayonnements, mais ces considérations dépassent la portée du présent rapport.

L'application du principe d'optimisation de la radioprotection (ALARA) exige une évaluation des coûts et des avantages, ou une évaluation équivalente, pour déterminer si les doses individuelles ou collectives dues à toute pratique particulière peut être réduite à prix raisonnable. D'autres spécialistes ont utilisé les considérations d'optimisation de la radioprotection pour en arriver à des valeurs de dose *de minimis*, comme nous le verrons au paragraphe 3.3.

Les limites de doses individuelles sont prévues par le Règlement sur le contrôle de l'énergie atomique et sont résumées au tableau 2. Ces limites qui sont, à toutes fins pratiques, les mêmes que celles qui sont recommandées par la CIPR, s'appliquent aux activités réglementées et sont donc, par conséquent, beaucoup plus élevées que toute dose dérivée des critères *de minimis*.

2.3 Fond de rayonnement des sources naturelles et artificielles

Une connaissance de la nature et de la variation de l'exposition aux rayonnements fournit une certaine perspective qui nous permet d'évaluer l'importance des valeurs des débits de dose *de minimis*. Tous sont exposés au fond naturel de rayonnement qui provient de sources externes et internes. Les principales sources externes sont les rayonnements cosmiques et les substances radioactives du sol. Les principales sources internes sont les substances radioactives naturelles incorporées dans l'organisme en mangeant, en buvant ou en respirant. En outre, la plupart des gens sont exposés à des sources artificielles dont les plus importantes relèvent de pratiques médicales ayant recours aux rayonnements.

Les différentes sources de fond de rayonnement sont décrites plus bas et résumées du tableau 3 : les principales sources naturelles en (a) et (b), les irradiations médicales en (c). De plus, les rayonnements du cycle du combustible nucléaire sont indiqués en (d), bien qu'ils contribuent relativement peu au fond de rayonnement.

La dose due à toutes ces sources naturelles varie beaucoup d'un endroit à l'autre; on estime ainsi que la dose moyenne oscille entre 2400 et 3000 $\mu Sv\ a^{-1}$. Les sources artificielles peuvent être à l'origine de doses atteignant 2100 $\mu Sv\ a^{-1}$ dans les pays industrialisés, la plupart découlant de l'irradiation médicale, l'exposition estimée par personne se situant entre 400 et 2000 $\mu Sv\ a^{-1}$. Ainsi la dose reçue pendant une radiographie pulmonaire est de 70 à 80 µSv.

(a) Débits de dose externe

Les sources externes du fond naturel de rayonnement comprennent les rayons gamma émis par les matières radioactives du sol et des roches, ainsi que les rayons gamma et quelques neutrons provenant des rayons cosmiques. Les débits de dose externes mesurés par le Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux de Santé et Bien-être social Canada à l'aide de dosimètres thermoluminescents sont résumés au tableau 4. La plus petite dose annuelle mesurée dans un grand centre de population canadien est de 400 µSv. Quant au débit de dose pondéré annuel de la population, il est d'environ 470 µSv a^{-1} ± 100 µSv a^{-1} pour le Canada. La Commission géologique du Canada (CGC) a également effectué des relevés détaillés à travers tout le Canada, selon lesquels le débit de dose moyen était de 170 µSv a^{-1} ± 100 µSv a^{-1} s'il provenait du sol et de 320 µSv a^{-1} ± 30 µSv a^{-1} s'il provenait des rayons cosmiques, pour un total de 490 µSv a^{-1} ± 100 µSv a^{-1} [GR84] qui est assez comparable aux données du Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux.

Il semblerait donc, à partir de ces données, que le débit de dose externe minimal inévitable dans les villes canadiennes est d'environ 400 µSv a^{-1}, bien que le débit de dose atteigne des valeurs beaucoup plus élevées pouvant aller jusqu'à 640 µSv a^{-1} en certains endroits. Les différences sont attribuables en grande partie aux variations des rayonnements terrestres.

Une étude approfondie de l'exposition au rayonnement de fond naturel a été réalisée par le National Council on Radiation Protection and Measurements [NC87] pour le Canada et les États-Unis. D'après cette étude, l'exposition moyenne annuelle au rayonnement cosmique est de 270 µSv, et varie de 150 à 5000 µSv a^{-1} selon la fréquence et la nature des déplacements aériens. L'exposition au rayonnement terrestre a été évaluée à 280 µSv, avec fourchette de 160 à 630 µSv a^{-1}.

(b) Débits de dose interne

Les principales sources naturelles d'irradiation interne sont le potassium 40, qui est ingéré, et les produits de filiation du radon, qui sont inhalés. L'équivalent de dose effectif moyen dû au potassium 40 est de 190 µSv a^{-1} environ. La dose totale attribuable aux radionucléides incorporés à l'organisme a été évaluée à 390 µSv a^{-1} [NC87c].

Les relevés de produits de filiation du radon dans les maisons canadiennes figurent au tableau 5. Les irradiations moyennes varient d'un facteur de 10 d'une ville à l'autre, et davantage d'une maison à l'autre. L'équivalent de dose effectif moyen reçu par les Canadiens à partir des produits de filiation du radon est d'environ 600 µSv a^{-1}. Le NCPR a estimé que la dose moyenne attribuable l'inhalation de produits de filiation du radon est de 2000 µSv a^{-1} environ aux États-Unis [NC87c].

(c) Irradiations médicales

UNSCEAR et BEIR ont estimé que la dose de rayonnement annuelle due à des procédures médicales était d'environ 400-1000 µSv a^{-1} [UN88, NC89]. Cette valeur est peut-être surestimée par rapport à l'équivalent de dose effectif, puisque certaines valeurs de dose comprises dans la moyenne ont trait à des parties du

corps seulement. D'autre part, une récente étude laisse entendre que l'équivalent de dose effectif total dû aux irradiations médicales au Canada pourrait être de 2000 µSv a^{-1} en moyenne par Canadien, y compris environ 20 µSv a^{-1} dus aux produits radiopharmaceutiques [Le88]. Les doses dues à la fluoroscopie, à la radiologie chirurgicale et à la cancérothérapie ne sont pas comprises.

(d) Rayonnements du cycle du combustible nucléaire

Le cycle du combustible nucléaire comprend toutes les activités à partir de l'exploitation minière de l'uranium jusqu'à la production d'électricité, y compris le déclassement des réacteurs et la gestion des déchets. Si les débits de dose dus aux activités normales sont mesurables, ils ne le sont ordinairement qu'à proximité des installations. Les débits de dose des personnes à des distances plus éloignées sont trop faibles pour être mesurées et ne peuvent être que calculées à partir des taux de rejet.

Le débit de dose maximal calculé de tout membre du public à proximité de toute centrale nucléaire canadienne est d'environ 50 µSv a^{-1} [OH88]. On a estimé que les poussières d'uranium qui s'échappent des raffineries d'uranium ont provoqué des doses aussi élevées que 200 µSv a^{-1} aux membres du public les plus exposés [Tr86]. De plus, les Canadiens reçoivent une faible dose due aux activités du cycle du combustible nucléaires des autres pays, qu'UNSCEAR a évalué à 0,1 µSv a^{-1} en 1980 et qu'il prévoit être de 1 µSv en l'an 2000 [UN82].

2.4 Fréquence normale des cas de cancer et de tares génétiques

On peut juger de l'importance des risques de cas de cancer et de tares génétiques dus à des doses de rayonnement *de minimis* en les comparant avec la fréquence normale de ces maladies, qui varie beaucoup selon des facteurs comme l'âge, le sexe et le lieu. Par exemple, comme l'indique le tableau 6, le taux de mortalité dû au cancer au Canada augmente avec l'âge, surtout après l'âge d'environ 45 ans. Le taux de mortalité est inférieur à 1 par 1000 avant l'âge de 45 ans, mais augmente à 18 par 1000 par année chez les personnes de 85 ans et plus. Le tableau 6 indique aussi les variations selon le sexe et la province.

Une valeur de référence de l'incidence normale des cancers et des tares génétique peut s'obtenir à partir du taux global de décès par cancer et de l'incidence des tares génétiques. En 1985, 25,8 pour 100 des décès au Canada étaient dus au cancer [SC85]. UNSCEAR a rapporté qu'environ 6 pour 100 des enfants vivants à la naissance souffraient de quelque tare génétique grave [UN77]. Après arrondissement, la combinaison de ces valeurs donne une valeur de référence de 30 pour 100. Autrement dit, il est présumé dans le présent rapport que 30 pour 100 environ des Canadiens meurent normalement d'un cancer ou souffrent d'une quelconque tare génétique grave.

3. AUTRES INITIATIVES AU SUJET DES DOSES *DE MINIMIS*

La plupart des milieux de radioprotection à travers le monde attachent beaucoup d'intérêt aux doses *de minimis*. À l'origine, cet intérêt se manifestait dans le domaine de la gestion ou de l'évacuation des déchets où l'on voudrait tout spécialement établir des niveaux en deçà desquels les déchets radioactifs ne seraient pas réglementées. Plus récemment, l'attention s'est portée sur les

critères génériques d'exemption des sources et des pratiques. On trouve ainsi dans la documentation diverses expressions comme "*de minimis*", "sans intérêt réglementaire", "exempté de la réglementation" et "risque individuel négligeable". Leur emploi n'a pas toujours été cohérent, et certaines ont parfois été utilisées de manière interchangeable.

Il semble se dégager un consensus international [US88b] sur deux notions distinctes, soit la notion de *de minimis*, c'est-à-dire l'insignifiance du risque ou de la dose appliquée aux personnes ou aux populations, et la notion d'"exemption", applicable à une source ou à une pratique. La première peut être un des facteurs entrant en ligne de compte dans la décision d'exempter une source ou une pratique. Le Comité consultatif est favorable à cette idée qui imprègne les recommandations formulées dans le présent rapport.

3.1 Agence internationale de l'énergie atomique

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) déclarait dans ses Normes fondamentales de radioprotection : «En décidant d'exempter ou non des sources de rayonnement ou des pratiques comportant des risques d'irradiation, l'autorité compétente devrait s'assurer que le détriment lié aux sources ou aux pratiques sera tellement faible qu'il nécessitera aucune régime de notification, d'enregistrement ou de permis» [AI82]. Les principes d'exemption de la réglementation ont été élaborés dans un document ultérieur où l'AIEA proposait un débit de dose *de minimis* de 10 µSv a^{-1} pour l'équivalent de dose effectif et de 500 µSv a^{-1} pour la dose à la peau [AI87]. Ces valeurs sont d'autant plus valables qu'elles ne représentent qu'environ 1 pour 100 des limites de doses recommandées par la CIPR pour l'irradiation continuelle des membres du public [CI77a,85] et qu'il est peu probable que la dose totale reçue par une personne à partir de plusieurs sources exemptées dépasserait les 10 pour 100 environ de la limite de dose. Toutefois, si une autorité compétente prévoyait que la dose totale due à plusieurs sources exemptées dépasserait 10 pour 100 de la limite de dose, l'AIEA suggérait d'en tenir compte au moment d'étudier des exemptions particulières. L'AIEA notait également qu'une dose de 10 µSv ne représente qu'environ 0,5 pour 100 du débit de dose attribuable au fond naturel de rayonnement et correspond à un risque de cas de cancer fatal ou de tares héréditaires graves de l'ordre de 10^{-7} par année.

L'AIEA a aussi proposé une valeur collective *de minimis*, soit un engagement de dose de 1 personne-sievert par source ou pratique exemptée, tout en reconnaissant l'imprécision du sens à donner à «source» et à «pratique» dans ce contexte [AI87]. Cette valeur se basait sur le principe qu'elle était suffisamment faible que la dose collective totale de toutes les sources exemptées ne seraient pas excessives et qu'il ne serait pas possible de réduire la dose en deçà de la valeur *de minimis* à un coût raisonnable, selon le même principe invoqué par le National Radiological Protection Board du Royaume-Uni, indiqué au paragaphe 3.3. On notait enfin qu'il y aurait une forte probabilité qu'aucun effet nuisible ne se produirait chez la population exposée.

L'AIEA déclarait également : «Les autorités compétentes peuvent avoir des raisons au delà de la portée du présent document de vouloir exempter ou non de la réglementation des sources ou des pratiques particulières. Par exemple, elles pourraient interdire des usages frivoles de matières radioactives, même si les doses correspondantes sont négligeables.» [AI87].

Dans le n° 89 de la Collection Sécurité de l'AIEA [AI88], deux critères fondamentaux sont établis pour déterminer si une pratique est exemptable :

1) le risque individuel doit être suffisamment faible pour justifier l'absence d'intérêt réglementaire, et

2) la radioprotection, incluant le coût du contrôle réglementaire, doit être optimisée.

Le premier de ces critères exige la définition de ce qu'est la dose individuelle insignifiante ou *de minimis*. Cette dose est fixée à quelques dizaines de microsieverts par année, valeur pour laquelle il est tenu compte du risque individuel "acceptable" et des variations du niveau du rayonnement naturel de fond. Dans l'application de cette dose individuelle *de minimis* dans la détermination de l'exemptabilité d'une source ou d'une pratique, il est aussi tenu compte de l'exposition à plusieurs sources, ce qui amène à fixer le critère d'exemption des sources à 10 microsieverts par année.

Le deuxième critère, celui de l'optimisation, exige qu'il soit tenu compte de l'engagement de dose collective par année de pratique. À cet égard, c'est le niveau de 1 personne-sievert par année de pratique qui est recommandé comme seuil en deçà duquel il n'y a pas lieu de réaliser une analyse d'optimisation formelle.

3.2 National Council on Radiation Protection and Measurements (États-Unis)

Le National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) des États-Unis a défini un «niveau de risque individuel négligeable» ("negligible individual risk level") en deçà duquel les mesures de radioprotection ne sont pas nécessaires. Ce niveau est égal à 10 $\mu Sv\ a^{-1}$ provenant de chaque source ou pratique et peut donc atteindre 100 $\mu Sv\ a^{-1}$ si, contre toute attente, une personne était exposée à 10 de ces sources durant toute année donnée. La valeur de 10 $\mu Sv\ a^{-1}$ se base sur le fait que le risque correspondant de dommage causé par les rayonnements est très faible, soit environ 10^{-7} par année, par rapport au risque généralement accepté dans d'autres activités sociétales, et qu'elle ne représente que 1 pour 100 de la limite de dose recommandée pour l'irradiation continue des membres du public [CI77a,90] et qu'environ 1 pour 100 du débit de dose du fond naturel de rayonnement (radon exclus) [NC87c].

On recommande également 10 µSv comme valeur au-dessous de laquelle il n'est pas nécessaire de tenir compte des doses individuelles en calculant les doses collectives, y compris la dose collective à utiliser dans les calculs d'optimisation de la radioprotection [NC87c].

3.3 National Radiological Protection Board (Royaume-Uni)

Le National Radiological Protection Board (NRPB) du Royaume-Uni a recommandé un débit de dose *de minimis* individuel de 5 $\mu Sv\ a^{-1}$, qui comprend un facteur de 0,1 en cas d'exposition de toute personne à plusieurs sources. Il recommande aussi une dose collective *de minimis* de 1 personne-sievert à appliquer à l'engagement de dose découlant de la vie utile d'une source de rayonnement donnée. La valeur de 1 personne-sievert est dérivée de considérations de rentabilité, tout en supposant que de tels calculs coûteraient à eux seuls au moins 2000 £ [NR85a, 85b].

3.4 La Commission de la réglementation nucléaire aux E.U

La Commission de la réglementation nucléaire aux États-Unis a fait connaître son intention d'élaborer une politique sur les exemptions concernant le contrôle réglementaire des pratiques dont l'impact sur la santé et la sécurité peut être considéré comme étant sans intérêt réglementaire [US88a]. L'un des critères proposés pour l'exemption de la réglementation est un niveau de dose individuelle annuel de 0,1 mSv et moins. Ce niveau n'est pas destiné à représenter un risque *de minimis*, mais plutôt un niveau de risque ou de dose inférieure auquel il n'est pas nécessaire de faire aucune sorte d'analyse coût-avantages [US88a, US88b].

La Commission n'a pas établi de limite de dose collective, mais a demandé des commentaires sur la nécessité d'un tel critère et sa valeur.

4. DOSE *DE MINIMIS* À LA CCEA

La Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) a proposé un débit de dose *de minimis* de 50 µSv a^{-1} comme critère à utiliser pour exempter l'évacuation de certaines matières contaminées du contrôle réglementaire [CC85b]. Ces matières pourraient alors être recyclées ou évacuées par les moyens classiques. La valeur de 50 µSv a^{-1} se base sur le fait que le risque radiologique associé, qui est de l'ordre de 1 par million par année, semble représenter le seuil des risques que les gens ne considèrent pas comme importants. Cette observation est renforcée si elle est comparée à d'autres risques et normes : 50 µSv a^{-1} se situent bien à l'intérieur des variations du fond naturel de rayonnement et représente 1 pour 100 de la limite de dose de 5 mSv a^{-1} pour le public.

La CCEA note au sujet de la dose collective que le nombre de personnes exposées à des sources *de minimis* devrait être limité pour permettre de limiter les répercussions générales des sources non réglementées. Dans l'attente de critères généraux mieux définis, la CCEA a proposé de restreindre l'application de son critère *de minimis* aux pratiques d'évacuation où les répercussions radiologiques prévues sont localisées et le risque d'irradiation de grandes populations est faible. Toute réduction à cause de l'irradiation de tout groupe de personnes par plusieurs sources *de minimis* serait déterminée cas par cas au moment d'étudier les demandes d'exemption réglementaire de certaines pratiques d'évacuation [CC85b, 86].

5. IMPORTANCE DE LA DOSE COLLECTIVE

Si le nombre de personnes qui reçoivent une dose *de minimis* est faible, la dose collective sera faible également et il est peu probable que le moindre effet nuisible se produise. Par exemple, si 1000 personnes recevaient chacune 10 µSv par année, la dose collective serait de 0,01 personne-sievert par année, en plus des quelque 3 personnes-sieverts par année dues au fond naturel de rayonnement. Pour une fourchette de coefficients de risque allant de 1 à 10 x 10^{-2} par personne-sievert, la probabilité qu'il se produise des cancers fatals ou des tares génétiques graves supplémentaires se situerait entre 0,1 et 1 sur 1000 par année. Autrement dit, si 1000 personnes de chaque génération successive recevait chacune 10 µSv a^{-1}, il se produirait de 0,1 à 1 cancer fatal ou tare génétique grave supplémentaire tous les mille ans. Plusieurs considéreraient ce

risque comme négligeable. Les sources provoquant des doses aussi faibles à un petit nombre de personnes pourraient donc être considérées comme négligeables, autant du point de vue individuel que collectif.

D'autre part, si un plus grand nombre de personnes recevaient chacune une dose *de minimis* (à cause de la dispersion d'une source dans l'environnement, par exemple), la dose collective pourrait être trop élevée pour être considérée comme négligeable du point de vue collectif ou sociétal. Par exemple, si 1 million de personnes recevaient chacune 10 µSv par année, la dose collective serait de 10 personnes-sieverts par année. Pour une fourchette de risque allant de 1 à 10 x 10^{-2} par personne-sievert, le nombre estimé de cancers fatals et de tares génétiques au sein d'une population d'un million de personnes serait de 7,5 à 75 sur une vie de 75 ans, soit de 0,1 à 1 par année en moyenne.

Ces effets calculés ne pourraient pas être distingués des nombreux autres cas de cancer et de tares génétiques qui se produiraient au sein de la même population et qui seraient attribuables à des causes naturelles ou autres (paragraphe 2.4). Il serait donc impossible de démontrer si les effets calculés se produiraient ou non. Toutefois, si un tel nombre d'effets dus aux rayonnements est calculé, il est prudent de supposer, du point de vue de la radioprotection, que ces effets se produiront réellement. Le nombre de ces effets estimés, (de 7,5 à 75 dans l'exemple ci-dessus) pourrait causer de l'inquiétude du point de vue collectif ou sociétal, même si le risque radiologique de chaque personne irradiée est négligeable. En d'autres mots, il se peut que l'on puisse s'inquiéter de la dose collective, même si toutes les doses individuelles ne dépasse pas le niveau *de minimis*. Il serait donc utile de disposer à la fois d'un critère de dose collective *de minimis* et d'un critère de dose individuelle *de minimis*.

Il n'existe par de consensus universel sur la nécessité d'un critère de dose collective *de minimis*. Comme nous l'avons indiqué, certains organismes ont recommandé des doses collectives *de minimis* ou des seuils basés sur la notion pour le calcul des doses collectives. Bien que l'USNRC ait invité les observations sur la nécessité et la valeur d'un tel critère, d'autres ont fait valoir que l'existence d'un critère *de minimis* individuel rendait superflu tout critère *de minimis* collectif [BO89, TA89].

Néanmoins, le Comité consultatif est d'avis qu'un critère de dose collective *de minimis* serait utile, pour les raisons suivantes :

(i) il attirerait l'attention sur le risque collectif associé aux sources donnant des doses individuelles *de minimis*,

(ii) il empêcherait la possibilité de dilution et de dispersion délibérées de quantités importantes de déchets radioactifs, aux seules fins de satisfaire le critère de dose individuelle *de minimis*. (Bien que la dilution et la dispersion de petites quantités de matières radioactives puissent parfois être appropriées, les quantités importantes de déchets concentrés devraient en principe être isolées et non dispersées dans l'environnement.)

(iii) il serait particulièrement utile dans l'étude de la réglementation possible de radionucléides à longue période ou autres susceptibles d'irradier à très faible doses un nombre important de personnes sur une très grande période de temps, donnant ainsi lieu à des engagements de dose élevés. Ce sujet est repris à l'article 6 ci-dessous.

6. IMPORTANCE DU DÉBIT DE DOSE

Le risque à la santé associé à toute source de rayonnement peut être estimé en multipliant l'engagement de dose calculé par le facteur de risque radiologique. Toutefois, dans le cas des substances radioactives à longue période dispersés dans l'environnement, l'engagement de dose peut être constitué de doses infimes reçues par des générations successives de personnes durant des milliers ou des millions d'années. Le recours à l'engagement de dose dans de telles circonstances est douteux à cause des grandes incertitudes qui existent à estimer les doses qui seront reçues dans un avenir éloigné. L'importance des doses infimes qui seront reçues dans un avenir éloigné reste aussi douteuse.

En revanche, on peut considérer la dose reçue durant une période de temps relativement courte. La période de temps choisie pour les questions de réglementation est généralement d'une année, tandis que la dose de rayonnement accumulée durant toute une existence est importante pour les personnes irradiées. Voici quelques-uns des avantages à baser les critères *de minimis* sur de tels débits de dose annuels et cumulés tout au long de l'existence :

(i) les débits de dose annuels et cumulés tout au long de l'existence peuvent être calculés avec plus de confiance que l'engagement de dose entier dû aux substances à période longue dispersées dans l'environnement,

(ii) l'importance des débits de dose annuels et cumulés tout au long de l'existence peut être jugée en les comparant avec des risques plus connus :

- la dose annuelle peut être comparée avec la dose annuelle du fond naturel de rayonnement des sources naturelles et autres,

- la dose cumulée tout au long de l'existence peut être évaluée en comparant le détriment à la santé qui en résulte avec la fréquence normale des mêmes sortes d'effets sur la santé qui se produisent naturellement ou qui sont dus à d'autres causes.

7. VALEURS DE DÉBITS DE DOSE *DE MINIMIS* RECOMMANDÉS

7.1 Critères

Compte tenu des diverses initiatives dans le domaine (articles 3 et 4) et de l'importance de la dose collective et du débit de dose (articles 5 et 6), les comités consultatifs recommandent d'utiliser les critères suivants pour établir les débits de dose *de minimis* :

- dans le cas des personnes, le risque de cas de cancer et d'effets génétiques devrait être assez faible afin d'être négligéable en comparaison des autres risques, et

- dans le cas de la collectivité, le risque de cas de cancer et d'effets génétiques ne devrait pas être supérieur à une petite fraction du risque normal de ces maladies dues à des causes naturelles et autres.

Quant à déterminer ce qui est négligeable, cela est dans une large mesure une question de perception individuelle. Plusieurs chercheurs [SN86, Fi87, RS83, S179, UT82, Wi79] ont conclu que les personnes se basent, entre autres, sur les critères suivants pour déterminer si le risque pour leur vie ou la vie d'autrui est négligeable ou non :

- leur perception de la nature et de l'ampleur du risque par rapport aux autres risques,

- le fait que le risque se produit naturellement ou est provoqué par l'homme,

- la fréquence normale du risque et la compréhension qu'on en a,

- le fait que le risque est accepté volontairement ou est imposé,

- la justification du risque en fonction des avantages perçus.

Ces chercheurs ont aussi montré que la perception individuelle du risque est grandement touchée par la nature des conséquences. On craint davantage, par exemple, une catastrophe, comme un écrasement d'avion important, que des événements qui se produisent plus couramment, comme des accidents de voitures, même si beaucoup plus de personnes meurent chaque année dans des accidents de la route que dans des écrasements d'avions. Ils ont remarqué, en outre, que le public croit généralement que les activités nucléaires présentent plus de risque que ne le prétendent les spécialistes.

Il semble que la plupart des gens ne se préoccupent pas du rayonnement de fond et de sa variation régionale, exception faite peut-être de l'exposition au radon dans les maisons, qui contribue pour les 2/3 environ à l'exposition totale moyenne attribuable au rayonnement de fond. Au Canada, les expositions au rayonnement externe sone de 470 ± 100 $\mu Sv\ a^{-1}$ et contribuent pour le 1/5 environ à la dose de fond globale. Si le public accept en apparence cette variation, c'est fort vraisemblablement qu'il n'a pas conscience de l'existence de cette variation et des risques qui y sont rattachés et que le choix du lieu de vie dépend d'autres raisons davantage contraignantes. Quoi qu'il en soit, la valeur de 100 $\mu Sv\ a^{-1}$ comme dose *de minimis* serait, au départ, acceptable par le grand public.

Des valeurs sont recommendées ci-après pour les débits de dose *de minimis* individuals (7.2) et collectifs (7.3). Il faudra peut-être prendre en compte d'autres facteurs pour appliquer ces débits de dose *de minimis* à l'exemption de sources précises si un groupe donné de personnes est exposé simultanément à plusieurs sources *de minimis*. Mais la question ressort du domaine de la réglementation et échappe en conséquence à la portée du présent rapport.

7.2 Débit de dose individuelle *de minimis*

Étant donné ces facteurs subjectifs, il est difficile d'établir une valeur de risque que tous ignoreront ou dont ils ne se préoccuperont pas. Toutefois, plusieurs chercheurs ont observé que la plupart des gens ignoraient

ordinairement une activité qui entraînait un risque individuel de mortalité inférieur à 10^{-5} ou 10^{-6}. Pour mieux comprendre la situation, le tableau 7 indique certaines activités qui, d'après les calculs, augmentent le risque de mortalité d'un cas par million (10^{-6}).

La figure 1 montre la relation existant entre le débit de dose annuel et le risque annuel pour l'ensemble des coefficients de risques se situant chacun entre 1 et 10 x 10^{-2} par personne-sievert (2.1), et illustre bien l'étroitesse relative de la variation du débit de dose correspondant à un risque donné pour la gamme relativement étendue des coefficients de risque considérés dans le présent rapport.

Valeur recommendée du débit de dose *de minimis* individuel

La valeur *de minimis* recommandée dans le présent rapport est celle qui est associée au risque de 1 par million par année, soit 10 µSv par année. Cette valeur est inférieure aux variations du fond naturel de rayonnement de ville en ville au Canada, à partir des sources de rayonnement externes (alinéa 2.3a) et tableau 4) et est bien inférieure aux variations de la dose de rayonnement due à la respiration des produits de filiation du radon dans les maisons (alinéa 2.3b) et tableau 5).

En résumé, un risque de 1 par million est généralement peu ou pas important. La figure 1 fait voir qu'un débit de dose de 10 µSv a^{-1} est associé à un risque annuel oscillant entre 10^{-7} et 10^{-6} pour la gamme des coefficients de risque indiquée. Si une personne recevait 10 µSv chaque année, le risque total sur une vie de 75 ans serait de 0,0025 % à 0,025 % de la fréquence normale des effets nuisibles. Comme la plupart des gens ou les autorités nationales et internationales en matière de santé ne considèrent pas généralement de tels niveaux de risque comme inquiétants, il semblerait aussi qu'un débit de dose de 10 µSv a^{-1} n'inquiéterait personne. On pourrait naturellement dire la même chose de tout débit de dose inférieur et de tout débit de dose légèrement plus élevé. Le choix d'une valeur *de minimis* spécifique dépend donc d'un jugement bien renseigné, tout en tenant compte des attitudes de la société aux autres types de risque.

7.3 Débit de dose collective *de minimis*

Comme il est proposé au paragaphe 7.1, la valeur choisie pour le débit de dose collective *de minimis* doit être telle que le risque collectif dû aux rayonnements ne représente qu'une petite fraction de la fréquence normale de ces cas de cancer et de tares génétiques chez la population qui reçoit les doses *de minimis*. Il faudra se servir de son jugement pour établir ce qui représenterait une fraction suffisamment petite. Une source de rayonnement causera sans doute de l'inquiétude si l'on estime qu'elle augmente la fréquence des cas de cancer et de tares génétiques de 1 pour 100 par rapport à la fréquence normale de ces maladies, et certaines personnes pourraient s'inquiéter même si l'augmentation prévue n'était que de 0,1 pour 100. L'inquiétude diminuerait sans doute à un niveau jugé comme *de minimis* à mesure que la fréquence estimée de cas de cancer et de tares génétiques dus aux rayonnements tombe en deça de 0,1 pour 100 de la fréquence normale.

Pour déterminer le débit de dose collective qui correspond à 0,1 pour 100 de la fréquence normale de cas de cancer fatal et de tares génétiques graves, il est nécessaire de connaître le nombre de ces effets qui se produisent normalement chez la population qui pourrait être irradiée par une source *de minimis*. Le risque collectif par personne-Sv et la fréquence normale prévue de cas de cancer et de tares génétiques sont calculés ci-dessous.

(a) Risque collectif dû à l'irradiation durant la vie entière

Le risque de cancer fatal et de tares génétiques graves dus aux rayonnements se situe entre 1 et 10×10^{-2} par personne-sievert (paragraphe 2.1). Si une population est irradiée chaque année d'une existence moyenne de 75 ans, la prévision de cas de cancer fatal et de tares génétiques dus aux rayonnements durant l'existence sera entre 0,075 et 7,5 par personne-Sv de dose collective annuelle pour la gamme des coefficients de risque indiquée. (Cette valeur ne dépend que de la dose collective et est indépendante du nombre de personnes exposées.)

(b) Fréquence normale de cas de cancer et de tares génétiques

Dans le contexte du présent paragraphe, il est important de connaître le nombre de personnes exposées à toute source *de minimis* donnée qui (en l'absence de la source *de minimis*) mourraient normalement du cancer ou souffriraient de tares génétiques graves. Pour déterminer ce nombre, il faut d'abord estimer le nombre de personnes exposées. Si chaque personne exposée à toute source *de minimis* donnée recevait 10 µSv par année, il y aurait 100 000 personnes exposées pour chaque personne-Sv de dose collective annuelle due aux sources *de minimis* (1 personne-Sv) ÷ (10×10^{-6} Sv). Toutefois, comme les doses diminuent généralement à proportion de la distance de la source, le débit de dose moyen des personnes exposées serait généralement bien inférieur à 10 µSv a^{-1} et le nombre de personnes exposées serait alors proportionnellement plus important que 100 000 pour qui s'accumule une dose collective annuelle de 1 personne-sievert. Environ 30 pour 100 de ces personnes (soit plus de 30 000) mourraient normalement (en l'absence de la source *de minimis*) de cancer ou souffriraient de tares génétiques graves (2.4).

(c) Risque radiologique comparé au risque normal de cancer et de tares génétiques

Chez tout groupe de personnes qui reçoivent 1 personne-Sv a^{-1} due aux sources *de minimis*, tout au long de leur vie, on peut s'attendre que le nombre suivant de personnes mourront de cancer ou souffriront de tares génétiques graves :

- à cause de sources *de minimis*, de 0,75 à 7,5 (de (a) ci-dessus),
- et par suite de causes naturelles et autres, au moins 30 000 (de (b) ci-dessus).

L'augmentation fractionnaire du risque attribuable aux sources *de minimis* est donc généralement moindre que environ 0,0025 % à 0,025 % par personne-Sv de dose collective annuelle. Cette valeur est conforme aux valeurs qui peuvent être calculées à partir de la relation établie par le comité BEIR, selon laquelle l'augmentation des cas de cancers fatals serait de 3 à 8 pour 100 de la fréquence normale si chacun était exposé de façon continu à un taux de 10 mSv a^{-1}. L'extrapolation de 10 mSv a^{-1} à 10 µSv a^{-1} produit une augmentation de la

mortalité par cancer de 0,003 % à 0,008 % dans la population exposée. De telles augmentations si infimes au-dessus de la fréquence normale de cas de cancer et de tares génétiques seraient imperceptibles, puisqu'elles seraient perdues au milieu des fluctuations normales de la fréquence de ces maladies.

Débit de dose collective *de minimis* recommandé

Le risque estimé à la santé associé à 1 personne-sievert de dose collective annuelle représente une augmentation des cas de cancer et de tares génétiques de moins 0,0025 % à 0,025 % environ de la fréquence normale de ces maladies (d'après l'alinéa (c)). Comme ce risque est inférieur à la valeur de 0,1 pour 100 suggérée au début du paragraphe 7.3 comme critère pour établir le débit de dose collective *de minimis*, il semble que 1 personne-Sv a^{-1} représente une valeur appropriée pour le débit de dose collective *de minimis*.

7.4 Sommaire des Débits de Dose *De Minimis* et des Risques Connexes pour La Santé

Les débits de dose *de minimis* et les risques correspondants pour la santé, qui ont été dérivés dans les paragraphes 7.2 et 7.3, sont résumés ci-dessous.

(a) Débit de dose individuelle *de minimis* - 10 µSv a^{-1}

Le risque de cas de cancer fatal et de tares génétiques graves associé à une dose de 10 µSv est d'environ 1 par million. Si une personne recevait 10 µSv durant chaque année de son existence, le risque prévu à la santé pendant toute l'existence serait donc à la fourchette de 0,0025 % à 0,025 % de la fréquence normale prévue de ces maladies.

(b) Débit de dose collective *de minimis* - 1 personne-Sv a^{-1}

Le nombre estimé de cas de cancer fatal et de tares génétiques graves qui pourrait être attribuable à une dose collective de 1 personne-Sv, répétée chaque année pendant toute l'existence des personnes irradiées, serait généralement de beaucoup inferieur à 0,0025 % à 0,025 % de la fréquence normale de ces maladies chez la population irradiée.

(c) Importance des risques pour la santé dus aux sources *de minimis*

Le niveau de risque pour la santé associé aux débits de dose *de minimis* déjà mentionnés ne sont pas considérés en général comme inquiétants par la plupart des gens ni par les autorités nationales et internationales. Plus encore, toute augmentation du nombre de cas de cancer ou de tares génétiques serait imperceptible, puisqu'elle serait complètement perdue au milieu des fluctuations normales de la fréquence de ces maladies.

8. APPLICATION DES DÉBITS DE DOSE *DE MINIMIS*

8.1 Période de calcul des débits de dose futurs

Le rejet continuel de substances radioactives à période longue dans l'environnement pourrait provoquer une accumulation qui pourrait entraîner des débits de dose individuelle et collective futurs plus élevés qu'à l'heure actuelle. Pour tenir compte de telles accumulations tout en restreignant les calculs à une

période pour laquelle le débit de dose futur peut être prévu avec suffisamment de fiabilité, il est recommandé, aux fins du présent rapport, de limiter les premiers calculs de débits de dose futurs à une période d'un ordre de grandeur de 100 ans après la fin de la pratique visée. On reconnaît cependant que des analyses supplémentaires soient nécessaires dans certains cas.

Malgré les incertitudes des prévisions de débits de dose futurs, les méthodes actuelles de calculs sont assez fiables afin d'assurer que tout effet prévu de toute pratique *de minimis* donnée ne pourra jamais être distingué du taux normal de cas de cancer et de tares génétiques, ni des variations observables de ces taux selon l'endroit et le moment.

8.2 Considérations réglementaires

Comme il l'indique à la section 3, les Comités consultatifs pensent qu'il importe de faire la distinction entre les notions *de minimis* et d'exemption de la réglementation. La dose ou le débit de dose *de minimis* (ou insignifiant) est un nombre ne mesurant strictement que le risque et représente un niveau de risque qu'on estime généralement négligeable pour la personne ou, dans le case d'une population, négligeable pour la société. L'exemption se rattache à une source ou à une pratique, et la décision d'exempter repose sur certains critères, parmi lesquels :

- la dose individuelle estimée;
- la probabilité d'exposition de personnes à des sources multiples;
- la dose collective;
- la justification de la pratique.

Dans cette perspective, le fait que le débit de dose attribuable à une source ou à une pratique soit inférieur au seuil *de minimis* est un important facteur, mais non le seul, de la décision d'exempter ou non une source ou une pratique de la réglementation. Il ne doit pas non plus être le facteur déterminant s'il existe une probabilité importante que les doses *de minimis* soient dépassées. Par contre, le fait qu'un débit de dose soit supérieur au seuil *de minimis* ne signifie pas automatiquement que la source ou la pratique doive être réglementée.

Si plus d'une source *de minimis* contribue au débit de dose ou à la concentration de matières radioactives dans tout endroit donné, ces débits de dose ou concentrations pourraient dans certains cas s'élever au-dessus des valeurs *de minimis*. La prise en compte de telles "sources multiples" serait un autre facteur de la décision d'exempter ou non une source ou une pratique.

Pour qu'il soit possible d'appliquer la notion de débits de dose *de minimis*, il est habituellement nécessaire de calculer les quantités ou les concentrations correspondantes de substances radioactives précises qui pourraient exposer des personnes à des débits de dose *de minimis* individuels ou collectifs. Le calcul de ces "quantités exemptées" et "concentrations exemptées" repose sur divers éléments, dont la voie d'acheminement, les groupes critiques et d'autres facteurs qui échappent à la partée du présent rapport.

9. RECOMMANDATIONS

Nous recommandons que :

(i) la CCEA adopte le concept de débit de dose *de minimis* comme base pratique pour exempter certaines sources ou pratiques de l'obtention d'un permis et les valeurs suivantes :

- pour les personnes, 10 $\mu Sv\ a^{-1}$, et
- pour les groupes, 1 $personne\text{-}Sv\ a^{-1}$

Ces valeurs *de minimis* s'appliqueraient normalement aux débits de dose annuels maximaux que l'on prévoit au cours des 100 prochaines années après la fin de toute pratique particulière.

(ii) des critères et des lignes directrices soient mis au point pour dériver les quantités et les concentrations de substances radioactives précises qui peuvent être exemptées de la réglementation, compte tenu des débits de dose *de minimis*, ainsi que des voies d'acheminement des matières radioactives et de d'autres facteurs connexes.

Tableau 1

CALCULS DE RISQUE POSSIBLE SUR UNE VIE DE CANCERS FATALS ET D'EFFETS GÉNÉTIQUES GRAVES INDUITS PAR RAYONNEMENT (10^{-2} Sv^{-2})

	UN88 (1)	BEIR-V (2)	CIPR 90 (3)
Cancers fatals dans la population à faibles débits de dose	0,4 - 5,5 (a)	2,3 - 4,4 (c)	5,0 (e)
Effets génétiques graves pour toutes les générations à faibles débits de dose	0 - 2 (b)	1,1 - 2,0 (d)	1,0 (e)
Total (cancers et effets génétiques)	0,4 - 7,5	3,4 - 6,5	6,0

(1) UN88, UNSCEAR, "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation", Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, rapport avec annexes présenté à l'Assemblée générale, Nations Unies, New York, 1988.

(2) BE90, BEIR-V 1990, "Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation", Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1990.

(3) CI90, CIPR 90/G-01, "Recommandations de la Commission internationale de protection radiologique", CIPR, projet, février 1990.

(a) Dérivé du tableau 10, page 39 de UN88, avec un facteur de réduction de débit de dose de 2-10 tel qu'il est recommandé au paragraphe 249.

(b) Dérivé du tableau 8 de UN88, page 38.

(c) Dérivé du tableau 4.2 de BE90, page 172, avec un facteur de réduction de débit de dose de 2 à 5 pour les tumeurs solides, tel qu'il est recommandé au tableau 1-4 de BE90, à la page 23.

(d) Dérivé du tableau 2-1 de BE90, page 70.

(e) Tiré du tableau 3 de CI90, page 3-13. Un facteur de réduction de dose et de débit de dose de 2 a été utilisé pour obtenir ces coefficients de risque.

Tableau 2

LIMITES DE DOSE RÉGLEMENTAIRES

(a) Limites actuelles [CC88]

Doses maximales admissibles*			
Organe ou tissu	Travailleurs sous rayonnements		Autres personnes
	millisieverts par trimestre	millisieverts par année	millisieverts par année
Corps entier, gonades, moëlle rouge	30	50	5
Os, peau, thyroïde	150	300	30
Tout tissu des mains, avant-bras, pieds et chevilles	380	750	75
Poumons et autres organes ou tissus uniques	80	150	15

* Ces limites s'appliquent à la dose totale provenant des sources de rayonnements ionisants à l'intérieur et à l'extérieur du corps, et se basent sur la publication 9 de la CIPR [CI65]. Les limites sont exprimées en rem dans le Règlement; les valeurs correspondantes qui figurent ici en millisieverts sont dérivées en multipliant les valeurs en rem par 10.

Tableau 2 (suite)

(a) Limites actuelles (suite)

Expositions maximales admissibles aux produits de filiation du radon Les présentes limites s'appliquent au lieu des doses maximales admissibles indiquées dans le tableau précédent dans le cas des poumons		
Travailleurs sous rayonnements		Autres personnes
WLM* par trimestre	WLM par année	WLM par année**
2	4	0,4

* L'unité alpha-mois (WLM = working level month) et l'unité alpha (WL = working level) sont définis dans le glossaire.

** L'unité alpha-mois n'est pas appropriée dans le cas des expositions chez soi ou dans d'autres situations hors du travail. Dans de telles circonstances, la concentration moyenne annuelle maximale admissible de produits de filiation du radon attribuable à l'exploitation des installations nucléaires est de 0,02 WL.

(b) Limites proposées [CC86]

	Équivalent de dose effectif* (en millisieverts)	Équivalent de dose aux organes et tissus individuels (en millisieverts)	
		Cristallin	Autres
Travailleurs sous rayonnements - par trimestre - par année	 30 50	 80 150	 300 500
Autres personnes - par année	5	50	50

La CIPR a introduit le concept d'équivalent de dose effectif en 1977 [CI77a] et la CCEA l'a inclus dans son document de consultation C-83 [CC86]. Le concept est justifié à la référence CC83.

Tableau 3

SOMMAIRE DES DOSES DE RAYONNEMENT DE SOURCES NATURELLES

	(Equivalent de dose effectif, $\mu Sv\ a^{-1}$)		
Source	Externe	Interne	Total
Rayonnement cosmique	$270^{(1)}$-$355^{(2)}$		$270^{(1)}$-$355^{(2)}$
Radionucléides produits naturellement dans l'atmosphère (surtout de carbone 14 et du béryllium 7)		$10^{(1)}$-$15^{(2)}$	$10^{(1)}$-$15^{(2)}$
Radionucléides de la croûte terrestre (excluant les produits de filiation du radon et du thoron	$280^{(1)}$-$410^{(2)}$	$340^{(2)}$-$390^{(3)}$	$670^{(3)}$-$750^{(2)}$
Produits de filiation du radon		$1100^{(2)}$-$1920^{(3)}$	$1260^{(2,4)}$-$2000^{(3,4)}$
Produits de filiation du thoron		$32^{(3)}$-$160^{(2)}$	
Total arrondi			$2400^{(2)}$-$3000^{(1)}$

(1) National Council on Radiation Protection and Measurements [NC87c].

(2) Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants [UN88].

(3) National Council on Radiation Protection and Measurements [NC87b].

(4) Total pour les produits de filiation du radon et du thoron.

Tableau 3 (suite)

SOMMAIRE DES DOSES DE RAYONNEMENT DE SOURCES NATURELLES

	(Equivalent de dose effectif, μSv a^{-1})	
Source	Dose	Référence
Médicine diagnostique	540	NC89
(radiologie diagnostique et médicine nucléaire combinées)	400 - 1000 2000	UN88
Une radiographie pulmonaire	70 - 80	UN88, NC89
Retombées d'essais d'armes	10	NC87A
Strontium 90 et césium 137 dans le lait canadien	0,2 - 1	SB85
Produits de consommation	10	NC87b
(excluant l'eau potable et les matériaux de construction de sources naturelles)		
Cycle du combustible nucléaire	Moins que 1	NC87
Carbone 14 et tritium		
Centrales nucléaires de l'Ontario (groupe critique)	2 - 50	OH88
Centrales au charbon (groupe critique)	2 - 40	UN88

Tableau 4

DOSES EXTERNES DE RAYONNEMENT DUES AU FOND NATUREL AU CANADA

LIEU		
Villes	Près des centrales nucléaires	$\mu Sv\ a^{-1}$ *
Calgary, Montréal, Toronto et Vancouver		400 - 500
	Pickering (Ont.)	430
	Gentilly (Qc)	430
	Point Lepreau (N.-B.)	440
	Bruce (Ont.)	460
Inuvik, Ottawa, Québec, Thunder Bay, Winnipeg et Windsor		460 - 480
Fredericton, Halifax, Regina et Saskatoon		500 - 560
Edmonton, St. John's, Whitehorse et Yellowknife		570 - 640

* Valeurs moyennes en 1985 [SB85].

Tableau 5

CONCENTRATIONS DE PRODUITS DE FILIATION DU RADON
ET DOSES CORRESPONDANTES DANS LES FOYERS AU CANADA

LIEU (dans les énumérations, le nom des villes est donné dans l'ordre croissant des concentrations)	Concentrations moyennes de produits de filiation du radon dans les maisons canadiennes et doses correspondantes dues aux produits de filiation du radon respirés	
	Concentration* (en WL)	Équivalent de dose effectif** (en $\mu Sv\ a^{-1}$)
Vancouver	0,0012	300
Charlottetown, Toronto, St. John's (T.-N.) Montréal, Québec	0,0021 à 0,0028	500 à 600
Sherbrooke, Edmonton, Thunder Bay, St. John (N.-B.), Calgary	0,0031 à 0,0047	700 à 1100
Regina, Sudbury, Halifax, St. Lawrence (T.-N.), Fredericton, Saskatoon	0,0052 à 0,0078	1200 à 1800
Winnipeg	0,011	2500
Maisons dans des collectivités minières d'uranium :		
Bancroft	0,013	3000
Elliot Lake	0,014	3200
Uranium City	0,036	8300

* Concentrations arithmétiques moyennes calculées d'après les moyens géométriques indiqués à la référence Le84.

** En supposant que l'équivalent de dose effectif est de 5500 µSv par unité alpha-mois [NE83] et que les gens passent 80 pour 100 de leur temps à l'intérieur de leur foyer.

Tableau 6

TAUX DE CAS DE CANCER FATAL AU CANADA*

Variations selon :

a) le sexe

La moyenne pour tous les âges et l'ensemble du territoire canadien est :

- 186 cas de cancer fatal par 100 000 Canadiens, chez les hommes,
- 147 cas de cancer fatal par 100 000 Canadiens, chez les femmes.

b) la province

La moyenne pour tous les âges et les deux sexes varie entre :

- 121 cas de cancer fatal par 100 000 Canadiens en Alberta,
- 190 cas de cancer fatal par 100 000 Canadiens au Manitoba.

c) l'âge

La moyenne pour tous les âges et l'ensemble du territoire canadien est :

Âge	Cas de cancer fatal par 100 000 Canadiens	Âge	Cas de cancer fatal par 100 000 Canadiens
0-24	5	55-59	343
25-29	9	60-64	509
30-34	15	65-69	715
35-39	31	70-74	960
40-44	61	75-79	1221
45-49	114	80-84	1589
50-54	204	85 et plus	1842

* Source : échantillons de valeurs choisis parmi les tableaux détaillés de «Cancer au Canada», 1981 [SC86].

Tableau 7

EXEMPLES DE RISQUE DE 1 PAR MILLION (activités qui, selon les calculs, augmente le risque de décès de 1 par million)
Fumer 1,4 cigarette*
Boire ½ litre de vin*
Manger 100 biftecks grillés sur charbon de bois*
Vivre 2 mois avec un fumeur de cigarettes*
Se faire radiographier le thorax par des dispositifs modernes*
Faire 6 minutes de canot*
Parcourir 16 kilomètres en bicylette*
Parcourir 80 kilomètres en voiture*
Voler 1600 kilomètres en jet (risque d'écrasement plutôt que de surcroît de rayonnement cosmique)*
Faire de l'escalade pendant 1½ minute+
Faire du ski alpin pendant 60 minutes+
Travailler 24 heures dans le secteur chimique+
Travailler 13 heures dans le secteur de la construction+
Travailler 9½ heures comme mineur de charbon+

* [Wi79]
\+ [RS83]

Note: Le débit de dose *de minimis* annuel recommandé dans le présent rapport se traduit par un risque inférieur à un sur un million.

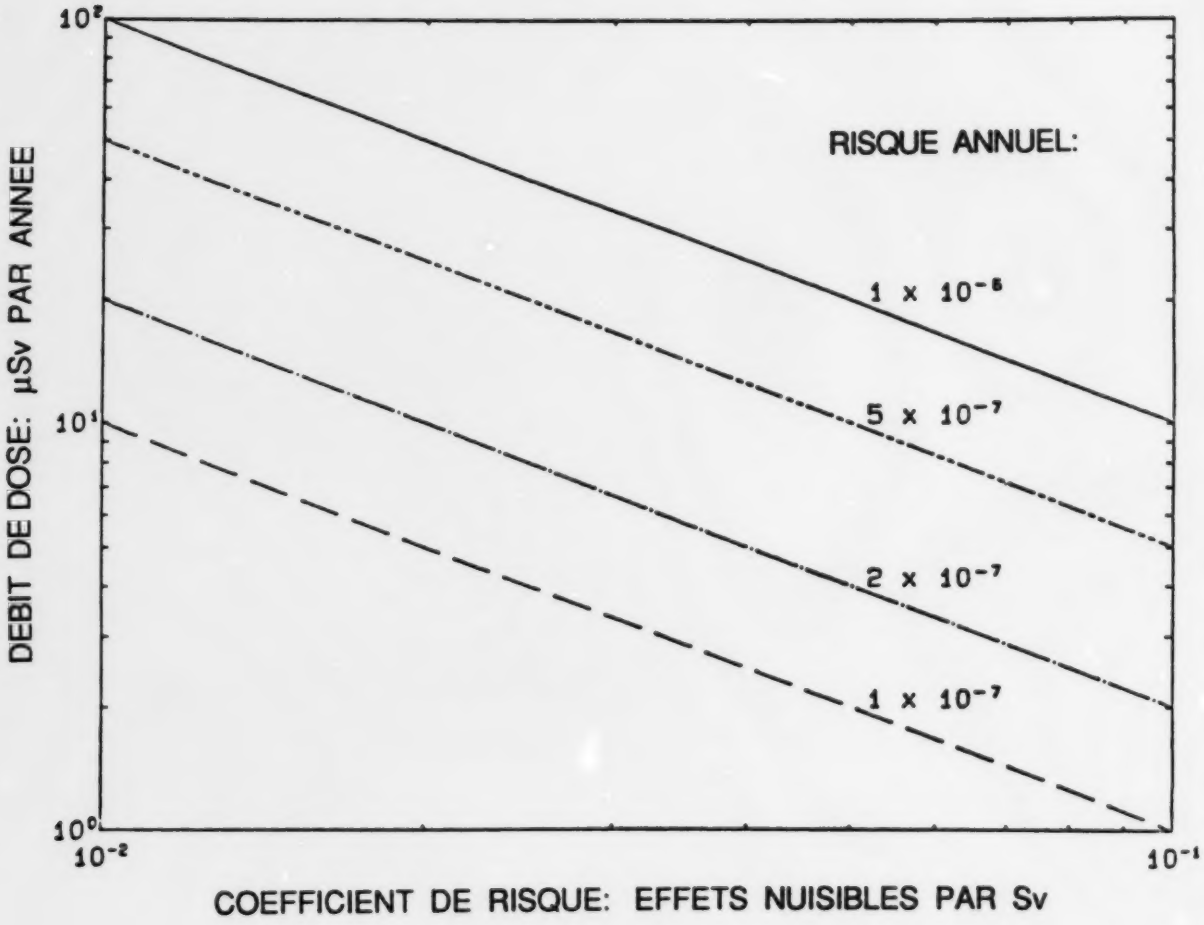

Fig. 1 Relation entre le débit de dose *de minimis* et les coefficients de risque

GLOSSAIRE

a	année (annum) [a^{-1} = par année]
ALARA	Principe de radioprotection selon lequel les doses de rayonnement sont maintenues au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux
CCEA	Commission de contrôle de l'énergie atomique
CCRP	Comité consultatif de la radioprotection
CCSN	Comité consultatif de la sûreté nucléaire
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA)	Organisme créé conformément à la Loi sur le contrôle de l'énergie atomique pour les buts exposés dans la Loi
Comité consultatif de la radioprotection (CCRP)	Comité de scientifiques et de spécialistes en médecine ou en radioprotection nommés par la CCEA pour fournir des conseils indépendants sur toute question liée à la radioprotection
Comité consultatif de la sûreté nucléaire (CCSN)	Comité de scientifiques et d'ingénieurs nommés par la CCEA pour founir des conseils indépendants sur toute question reliée à la sûreté nucléaire
débit de dose	Dose par unité de temps
détriment	Probilité mathématique des dommages dus à l'irradiation, compte tenu de la probabilité et de la gravité de chaque type d'effets nuisibles
dose	Dose de rayonnement en général, soit «équivalent de dose», «équivalent de dose engagé», «équivalent de dose effectif» ou «équivalent de dose effectif engagé», selon le cas
dose collective	Somme des doses individuelles reçues par toutes les personnes irradiées par toute source donnée de rayonnement; ce peut être aussi le produit de la dose moyenne d'un groupe de personnes irradiées et du nombre de personnes dans le groupe. En général, la dose collective est exprimée en personne-sieverts
dose *de minimis* ou débit de dose *de minimis*	Dose ou débit de dose qui de représente un risque qu'on estime généralement négligeable pour la personne ou, dans le cas d'une population, négligeable pour la société

dose engagée	Dose totale due aux substances radioactives dans l'organisme durant 50 ans après l'incorporation des substances
engagement de dose	Intégrale de temps infini du débit de dose per capita pour une population précise, soit la dose totale qui pourrait être accumulée par une personne immortelle si elle était irradiée par une source jusqu'à décroissance radioactive complète
équivalent de dose	«Dose absorbée» multipliée par le «facteur de qualité» pour tenir compte des diverses possibilités de lésions selon le type de rayonnement, la «dose absorbée» étant la quantité d'énergie absorbée dans l'organisme, ou dans un organe ou un tissu de l'organisme, par suite de l'irradiation par des rayonnements ionisants, divisée par la masse respective de l'organisme, de l'organe ou du tissu. La dose absorbée est exprimée en joules par kilogramme, ou grays (Gy) [1 Gy = 1 J/kg = 100 rad]. Chaque gray de dose absorbée multiplié par le facteur de qualité approprié donne l'équivalent de dose en «sieverts».
équivalent de dose effectif	Somme des «équivalents de dose pondérés» reçus par les organes et les tissus de l'organisme, l'équivalent de dose pondéré étant l'équivalent de dose de tout organe ou tissu multiplié par le «facteur de pondération» correspondant pour tenir compte du risque de cancer fatal ou de blessure héréditaire provoqué par l'irradiation de l'organe ou du tissu visé, par rapport au risque total de ces effets dû à tout équivalent de dose égal du corps entier
exempté	Source de rayonnement ou pratique que les organismes de réglementation exemptent de toute réglementation
facteur de qualité	Voir la définition d'«équivalent de dose»
facteur de risque	Dans le présent rapport, probabilité de cancer fatal ou de tares génétiques graves par unité de dose de rayonnement
gonades	Testicules de l'homme ou ovaires de la femme
groupe critique	Groupe de personnes plutôt homogène dont le lieu géographique, l'âge, les habitudes, le régime alimentaire, etc., font qu'il reçoit une dose moyenne due à une source donnée (ou à un ensemble donné de sources) qui est supérieure à celle que tout autre groupe reçoit s'il est irradié par la même source ou le même ensemble de sources

irradiation externe	Irradiation par toute «source externe» de rayonnement, soit toute source qui se trouve à l'extérieur de l'organisme
irradiation interne	Irradiation par toute «source interne» de rayonnement, soit toute source qui se trouve à l'intérieur de l'organisme
Loi sur le contrôle de l'énergie atomique	Loi du Parlement, adoptée en 1946, pour assurer la réglementation et la supervision de la mise en valeur, de l'application et de l'utilisation de l'énergie nucléaire et pour permettre au Canada de participer efficacement aux mesures internationales de contrôle de l'énergie nucléaire
maladie	Toute condition de l'organisme qui nuit au bon fonctionnement d'une fonction vitale
microsievert (μSv)	Un millionième de sievert
millisivert (mSv)	Un millième de sievert
personne-sievert	Unité de la dose collective
personne-Sv	Personne-sievert
produits de filiation du radon	Substances radioactives à période courte produites par la désintégration radioactive du radon 222; ce sont : le polonium 218 (radium A), le plomb 214 (radium B), le bismuth 214 (radium C) et le polonium 214 (radium C^1)
produits de filiation du thoron	Substances radioactives à période courte produites par la désintégration radioactive du radon 220; ce sont : le polonium 216 (thorium A), le plomb 212 (thorium B), le bismuth 212 (thorium C) et le polonium 212 (thorium C^1)
radioactif	Qui émet des rayonnements ionisants, soit la caractéristique de subir une transformation nucléaire spontanée et d'émettre des rayonnements ionisants
radioprotection	Science et pratique de l'évaluation des risques radiologiques, ainsi que de la mise au point, de l'incitation à utiliser et de l'utilisation d'instruments, de vêtements de protection, de lignes directrices et de procédures requises pour maintenir les doses de rayonnement à l'intérieur des limites de dose et au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (synonyne : «protection radiologique»)
radon (radon 222)	Gaz radioactif produit qui, par désintégration radioactive, découle du radium 226 (qui découle lui-même de l'uranium 238) et donne les produits de filiation du radon

rayonnement	Rayonnement ionisant, soit toute particule atomique ou subatomique, ou toute onde électromagnétique, qui a suffisamment d'énergie par particule ou photon pour produire des ions (atomes dont la charge est due à la perte ou au gain d'électrons) dans la matière qui l'absorbe; les rayonnements ionisants comprennent les particules alpha et bêta, les rayons X et les rayons gamma, les neutrons et certaines autres particules chargées
rayonnement à faible transfert linéique d'énergie	Rayonnements qui comprennent les rayons X, les rayons bêta, les rayons gamma (les rayonnements à transfert linéique plus élevé comprennent les neutrons et les particules alpha
rayonnement ionisant	Voir «rayonnement»
Règlement sur le contrôle de l'énergie atomique	Règlement établi conformément à la Loi sur le contrôle de l'énergie atomique par la Commission de contrôle de l'énergie atomique
sans intérêt réglementation	Source ou pratique qui est exemptée de la réglementaire
sievert (Sv)	Unité de l'«équivalent de dose» et de l'«équivalent de dose effectif» (1 Sv = 1000 mSv = 1 000 000 µSv) («équivalent de dose»); le «rem» était l'ancienne unité d'équivalent de dose (1 rem = 0,01 Sv)
source	Source de rayonnement ou pratique donnant lieu à une émission de rayonnements
source ou pratique *de minimis*	Source de rayonnement ou pratique qui pourrait causer des débits de dose très peu susceptibles de dépasser les débits de dose *de minimis* prévus
Sv	Sievert
tares génétiques	Défauts héréditaires qui sont transmis par les gènes d'un parent à son enfant et qui peuvent apparaître chez les enfants eux-mêmes et chez les générations suivantes d'un parent dont les gonades ont été irradiées à un moment quelconque avant la conception de l'enfant
thoron (radon 220)	Gaz radioactif produit qui, par désintégration radioactive, découle du radium 224 (qui découle lui-même du thorium 232) et donne les produits de filiation du thoron
transfert linéique d'énergie	Énergie transmise à toute substance lorsqu'un neutron, une particule chargée ou un photon réagit avec des électrons en traversant toute distance donnée de la substance

travailleur sous rayonnements	Toute personne qui, comme exigence fondamentale de son travail, pourrait dans le cours de son travail recevoir une dose de rayonnements supérieure à toute limite prévue pour les autres personnes au tableau 3
unité alpha (WL)	Unité de concentration de produits de filiation du radon ou du thoron dans l'air, exprimée en «énergie potentielle alpha» de la quantité de produits de filiation par mètre cube ou litre d'air (1 WL = 2,08 x 10^{-5} J/m^3 = 1,3 x 10^5 MeV/L); l'énergie potentielle alpha est l'énergie de toutes les particules alpha qui pourraient être émises par toute quantité donnée de produits de filiation du radon ou du thoron durant les étapes successives de la désintégration radioactive en plomb 210 et en plomb 208 respectivement
unité alpha-mois (WLM)	Cent soixante-dix (170) unités alpha-heures
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants

RÉFÉRENCES

AI82 AIEA, «Normes fondamentales de radioprotection», Coll. Sécurité, n° 9, Agence internationale de l'énergie atomique, Vienne, 1982.

AI87 IAEA-TECDOC-401, "Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control", interim report on progress at the International Atomic Energy Agency on the development of radiological principles for exemption, and the application of the principles to low-level radioactive waste disposal in the terrestrial environment, 1987.

AI88 AIEA, "Principes pour l'exemption de contrôle réglementaire de sources et de pratiques pouvant entraîner une radioexposition", Collection sécurité n° 89, Agence internationale de l'énergie atomique, Vienne, 1988.

BE80 BEIR 1980, "The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation", Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation, National Academy of Sciences, Washington, D.C.

BE90 Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, BEIR V Report, National Academy Press, Washington, 1990.

BO89 Bond, V. "Justification for the Adoption of a 'Below Regulatory Concern' Exposure Level", The Health Physics Society's Newsletter, Vol. SVII, No. 7, avril 1989.

CC83 CCEA, «Limitation de l'exposition aux rayonnements ionisants - Notes explicatives concernant un projet de modification au Règlement sur le contrôle de l'énergie atomique, Document de consultation C-78, 14 novembre 1983.

CC85a Loi sur le contrôle de l'énergie atomique, L.R.C., 1985, c. A-16.

CC85b CCEA, «Base pour exempter l'évacuation de certaines matières radioactives de l'obtention d'un permis», Document de consulation C-85, 6 mai 1985.

CC86 CCEA, «Projet de remaniement du Règlement sur le contrôle de l'énergie atomique», Document de consultatation C-83, 28 avril 1986.

CC88 Règlement sur le contrôle de l'énergie atomique, consolidation administrative et modifications jusqu'au 27 février 1988.

CC89 CCEA, Exigences préalables de radioprotection pour exempter certaines matières radioactives de permis aprês le transfert pour évacuation, Texte de réglementation R-85, (entréé en vigeur le 1 août 1989).

CI65 CIPR-9, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", 1965.

CI77a CIPR-26, «Recommandations de la Commission internationale de protection radiologique», Annales de la CIPR, vol. 1, n° 3, Pergamon Press, 1977.

CI77b CIPR-27, "Problems Involved in Developing an Index of Harm", Annals of the ICRP, Vol. 1, No. 4, Pergamon Press, 1977.

CI85 CIPR-45, "Quantitative Bases for Developing a Unified Index of Harm", Annals of the ICRP, Vol. 15, No. 3, Pergamon Press, 1985.

CI87 CIPR-52, "Protection of the Patient in Nuclear Medicine", Annals of the ICRP, Vol. 17, No. 4, Pergamon Press, 1987.

CI90 Recommandations de la Commission internationale de protection radiologique, CIPR/90/G-01, projet, février 1990, Commission internationale de protection radiologique, 1990.

Fi77 Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., 1977, "How Safe is Safe Enough? A Psychometric Study of Attitudes Towards Technological Risks and Benefits", University of California, School of Engineering and Applied Science, Los Angeles.

Gr84 Grasty, R.L., Carson, J.M., Charbonneau, B.W., and Holman, P.B., "Natural Background Radiation in Canada", Bulletin 360, Geological Survey of Canada, 1984.

Le84 Létourneau, E.G., McGregor, R.G., and Walker, W.B., "Design and Interpretation of Large Surveys for Indoor Exposure to Radon Daughters", Radiation Protection Dosimetry 7(1-4), 303, 1984.

Le88 Lentle, B.C. and Scrimger, J.W., "Radiation Doses From Diagnostic Medical Procedures", ACRP-9, 1988.

NC87a NCPR Report No. 91, "Recommendations on Limits for Exposure to Ionizing Radiation", National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, Maryland, 1987.

NC87b NCPR, "Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, NCPR Report No. 93, National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, Maryland, 1987.

NC87c NCPR, "Exposure of the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation", NCPR Report No. 94, National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, Maryland, 1987.

NC89 NCRP, "Exposure of the U.S. Population from Diagnostic Medical Radiation", NCRP Report No. 100, National Council of Radiation Protection and Measurements, Bethesda, Maryland, 1989.

NE83 Nuclear Energy Agency, "Dosimetry Aspects of Exposure to Radon and Thoron Daughter Products", Report NEA/OECD, Paris, 1983.

NR85a NRPB, "Small radiation doses to members of the public", conseil donné par le National Radiological Protection Board, ASP 7, janvier 1985.

NR85b NRPB, "The Significance of Small Doses of Radiation to Members of the Public:, A.B. Fleishman, NRPB-R175, 1985.

OH88 Ontario Hydro, "Annual Summary and Assessment of Environmental Radiological Data for 1988", Report No. SSD-AR-88-1, 1988.

RS83 Royal Society Study Group (U.K.), "Risk Assessment", January 1983.

SB80 Santé et Bien-être social Canada, «La radioactivité ambiante au Canada - 1980»; voir aussi rapport de 1981, 1982, 1983 et 1984.

SB85 Santé et Bien-être social Canada, "La radioactivité ambiante au Canada - 1985"; voir aussi les rapports de 1986, 1987 et 1988 (sous presse).

SC85 Statistique Canada, «Causes de décès», vol. IV (1984), Catalogue 84-203, 1985.

SC86 Statistique Canada, «Le cancer au Canada, 1981», Catalogue 82-207, 1986.

S179 Slovic, P., Fischhoff, B., Lichtenstein, S., "Rating the Risks", Environment, Vol. 21, No. 3, pp 14-20, 36-39, April 1979.

SN81 CCSN-2, «A Proposed Statement on Safety Objectives for Nuclear Activities in Canada", (INFO-0055), 1981.

SN86 CCSN-8, «A Report on The Public Perception of Risk", by the Advisory Committee on Nuclear Safety, INFO-0240, July, 1986.

TA89 Taylor, L.A., "HPS Comments on NRC Policy Statements", The Health Physics Society's Newsletter, Vol. XVIII, No. 3, mars 1989.

Tr86 Tracy, B.L. and Meyerhof, D.P., "Atmospheric Environment", Radiation and Medical Devices Bureau, Health and Welfare, 1986.

UN77 UNSCEAR 1977, "Sources and Effects of Ionizing Radiation", United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, report to the General Assembly, with annexes, United Nations, New York, 1977.

UN82 UNSCEAR 1982, "Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects", United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, report to the General Assembly, with annexes, United Nations, New York, 1982.

UN86 UNSCEAR 1986, "Genetic and Somatic Effects of Ionizing Radiation", United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, report to the General Assembly, with annexes, United Nations, New York, 1986.

UN88 UNSCEAR 1988, "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation", Comité scientifique des Nations Unies sur les effets des rayonnements ionisants, rapport avec annexes présenté à l'Assemblée générale, Nations Unies, New York, 1988.

US88a United States Nuclear Regulatory Commission, "Policy Statement on Exemptions from Regulatory Control", Federal Register, Vol. 53, No. 238, lundi 12 décembre 1988, p. 49886.

US88b United States Nuclear Regulatory Commission, "Proceedings of the Workshop on Rules for Exemption from Regulatory Control", NUREG/CP-0101, October 17-19, 1988.

UT82 University of Toronto, "Living with Risk: Environmental Risk Management in Canada", Environmental Monograph No. 3, September 1982.

Wi79 Wilson, R. "Analyzing the Daily Risks of Life", Technology Review, 81, February 1979.

REMERCIEMENTS

Membres actuels et anciens du Groupe de travail mixte

B.C. Lentle	(CCRP)	(Président)
G.C. Butler	(CCRP)	(Ancien président)
D.J. Gorman	(CCRP)	
E.G. Létourneau	(CCRP)	(Ancien membre)
A.M. Marko	(CCRP)	
J. Muller	(CCRP)	(Ancien membre)
D.P. Meyerhof	(CCRP)	
J.B. Sutherland	(CCRP)	(Ancien membre)
N.C. Lind	(CCSN)	
K.J. McCallum	(CCSN)	
J.T. Rogers	(CCSN)	

Membres actuels et anciens du Secrétariat

R.J. Atchison	
M.R. Avadhanula	(Ancien membre)
F.C. Boyd	(Ancien membre)
W.R. Bush	(Ancien membre)
J.P. Goyette	
P.A. Smith	(Copiste)

Tous les membres du Comité consultatif de la radioprotection et du Comité consultatif de la sûreté nucléaire.